

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-333726

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

G 0 5 B 19/4093

G 0 5 B 19/403

F

B 2 4 B 13/00

B 2 4 B 13/00

G 0 2 B 3/00

G 0 2 B 3/00

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-144134

(22)出願日 平成9年(1997)6月2日

(71)出願人 591225327

日本非球面レンズ株式会社

大阪府大阪市東淀川区南江口3丁目2番30号

(72)発明者 鈴木 隆敏

大阪府大阪市東淀川区南江口3丁目2番30号 日本非球面レンズ株式会社内

(72)発明者 大割 寛

大阪府大阪市東淀川区南江口3丁目2番30号 日本非球面レンズ株式会社内

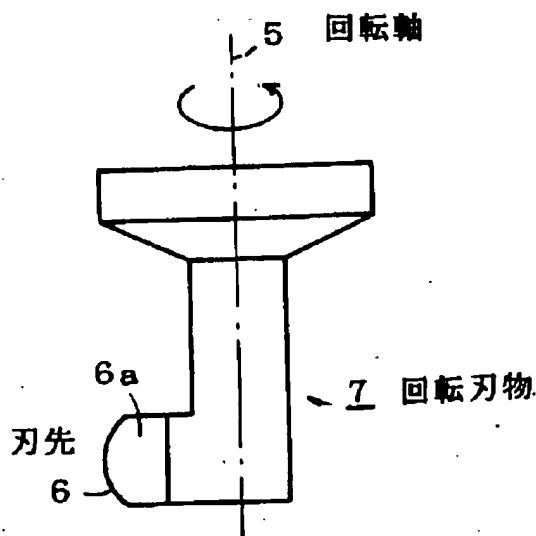
(74)代理人 弁理士 江原 省吾 (外3名)

(54)【発明の名称】 NC超精密加工機

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 例えば、nm単位の超精密切削加工を、NCデータが3次元座標で表される自由曲面に対して行なえるNC超精密加工機を提供すると共に、このようなNCデータを、扱えるデータ点数が限られているCAD・CAMシステムによって作り出す方法を提供する。

【解決手段】 NC加工機の機械精度及び制御精度を高めると同時に、Y軸方向に保った回転軸5と直交する方向に円弧状の刃先6を突出させた回転刃物7を使用し、NCデータに従い、上記回転刃物をY軸方向にピッチ送りする毎に、Z軸方向高さを変化させながら、ワークの加工面に沿うX軸方向に相対送りして切削を行なう制御装置により構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸と直交する方向に円弧状の刃先を突出させた回転刃物と、

上記回転刃物の回転軸をワークの加工面に沿うY軸に一致させた状態で、X軸・Y軸・Z軸の3軸制御により、上記回転刃物をワークに対して相対移動させる駆動機構と、

NCデータに従って上記駆動機構を制御し、回転刃物をY軸方向（回転刃物の回転軸方向）にピッチ送りする毎に、Z軸位置（回転刃物のワークに対する相対距離）を変化させながら、X軸方向（ワークの加工面に沿う方向）に相対送りして切削を行なう制御装置を持つことを特徴とするNC超精密加工機。

【請求項2】 自由曲面式によって表される加工面を、隣接面の端面同士が相互に重なる状態で複数面に分割し、

各分割面毎に、面形状を代表する複数の座標点を自由曲面式から求めた後、これらの座標点を通る近似曲面を作成し、さらに、この近似曲面上の各点から法線方向に刃物の工具半径だけ離れた点を通る面を近似式によって表してオフセット面を作成し、

各分割面毎に、求めたオフセット面から、上記重なり幅の半分程度の長さだけ端部を排除した状態で複数のX-Z断面近似曲線を作成し、このX-Z断面近似曲線を直線あるいは円弧で近似してNCデータを作成し、このNCデータ作成時に重なり部分で同一位置にあるX-Z断面近似曲線の端をつないで行くことにより加工面全体のNCデータを作成し、このNCデータを制御装置に入力することによって切削加工を行なうことを特徴とする請求項1記載のNC超精密加工機。

【請求項3】 面形状を代表する複数の座標点を自由曲面式から求めた後、これらの座標点を通る近似曲面を作成し、さらに、この近似曲面上の各点から法線方向に刃物の工具半径だけ離れた点を通る面を近似式によって表してオフセット面を作成し、

さらに、一旦作成したオフセット面上の複数の点から、法線方向に加工刃物の工具半径分だけ逆オフセットした点を求め、この逆オフセットした点のXY座標を自由曲面式に代入して得られる値 z_R と逆オフセットした点のZ座標 z_1 との差（ $z_1 - z_R$ ）を求め、この差分だけオフセット面上の点をZ方向に移動させ、移動修正した点の集合によってオフセット面を再作成するオフセット面の修正を、全ての点について上記差が規定値以下になるまで繰り返して、最終的なオフセット面を決定し、この最終オフセット面のX-Z断面近似曲線を直線あるいは円弧で近似して、NCデータを作成し、このNCデータを制御装置に入力することによって切削加工を行なうことを特徴とする請求項1記載のNC超精密加工機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、樹脂成形用レンズ金型等の微細加工を高精度に行なえるNC超精密加工機に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、樹脂成形用のレンズ金型の製作は、必要な光学性能が得られるレンズ形状を設計した後、これに対応する金型を加工するため、CAD・CAMシステムを用い、NC加工機に与えるNCデータを作成している。

【0003】CADシステムは、入力されたレンズ形状を表現する自由曲面式（ $Z = F(X, Y)$ ）と、その定数から、加工面を表わす複数の座標点を求め、これをスプライン等によって近似して近似曲面を作成する。さらに、この近似曲面の各点に対して、法線方向に加工刃物の工具半径分だけ移動させた点の集合をオフセット面として決定する。

【0004】このオフセット面は、CAMシステムに与えられ、予定した工具移動方向に沿ったオフセット面の近似曲線を計算し、これを直線あるいは円弧によって近似して、NCデータを作成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年、レンズ性能は、より高精度のものが必要とされ、その樹脂成形用金型を製作するとき、nm単位の加工精度が要求されるものもある。

【0006】しかし、従来のNC精密加工機は、1μm単位の加工精度しか得られず、この要求を満たすことはできなかった。

【0007】この理由を説明する。加工精度を高くするためには、NC精密加工機の各テーブルの位置決め精度を高めるため、テーブルの移動機構の精度を上げると同時にテーブルの位置を計測するスケールの精度を上げることが考えられる。しかし、これだけでは精度の向上に限界が生じる。

【0008】自由曲面をフライス等で加工する場合は、通常、図10(a)のようなボールエンドミル1を使用する。このボールエンドミル1は、その回転軸2をワーク3の加工面4に対して垂直方向に保ち、刃先1aをワークの加工面4に当て、XY方向の送りと同時に高さ方向Zの移動を与えて切削を行う。

【0009】この切削加工では、図10(b)に示すように、ボールエンドミル1の半球形状の回転軌跡を持つ刃先の中心がワーク3に速度0の状態である。このため、この部分では切削がされず、ワーク3から素材を擦り取る状態で加工が行われるため、加工面が荒れ、加工精度の向上に限界が生じる。

【0010】さらに、nm単位の加工精度を得ようすると、CAD・CAMシステムにおいて一面として扱えるデータ点数の制限のため、必要な精度を与えるNCデータが作成できなくなる問題も生じていた。これは、加

工精度を高くするためにCAMシステムに与える座標点の密度を高くする必要に加えて、加工面形状が自由曲面になり、NCデータの作成に3次元処理を行う必要が生じることによる。

【0011】すなわち、従来の非球面レンズやトロイダルレンズは回転対称物であり、NC旋盤によって金型を回転させながら加工できるので、2次元のNCデータを与えればよかった。しかし、高精度化のため自由曲面形状のレンズを製作するには3次元のNCデータを作成しなければならず、2次元のNCデータを与える場合に比

べると扱うべきデータ量が飛躍的に増大し、座標点の高密度化という条件と重なり、CAD・CAMシステムが一度に扱えるデータ点数を超えてしまうのである。

【0012】例えば、CAD・CAMシステムの扱えるデータ数が6000点と限定され、85.2mm×6mmの曲面を作成する場合を考えると、上記自由曲面式 $[Z=F(X, Y)]$ から求められる座標点を、X方向及びY方向の夫々について、0.3mmピッチでしかCAD・CAMシステムに与えられない。

【0013】このため、座標点群から作成されるスプラインによる近似曲面と、元の自由曲面式で表される曲面との間に誤差が発生し、必要な精度は得られない。この誤差は、スプライン近似の際に発生する誤差であるため、一定ピッチで与えられる座標点に対して曲面形状の変化が大きい所ほど大きく、座標点のピッチ間隔に一致する周期で増減する。

【0014】そこで、本発明は、nm単位の切削加工ができるNC超精密加工機を提供すると同時に、この超精密加工機を動かすNCデータを、扱えるデータ点数が限られているCAD・CAMシステムによって作り出す方法を提供する。

【0015】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明が提供するNC超精密加工機は、回転軸と直交する方向に円弧状の刃先を突出させた回転刃物と、上記回転刃物の回転軸を、ワークの加工面に沿うY軸に一致させた状態で、X軸・Y軸・Z軸の3軸制御により、上記回転刃物をワークに対して相対移動させる駆動機構と、NCデータに従って上記駆動機構を制御し、回転刃物をY軸方向(回転刃物の回転軸方向)にピッチ送りする毎に、Z軸位置(回転刃物のワークに対する相対距離)を変化させながら、X軸方向(ワークの加工面に沿う方向)に相対送りして切削を行なう制御装置を持つことを特徴とする。

【0016】この構成は、回転刃物の刃先全体が、ワークに対して常に一定以上の速度で当たって切削を行える状態を確保したものである。

【0017】(2) 一面として扱えるデータ点数が制限されているCAD・CAMシステムによって、上記超精密加工機の制御装置に入力されるNCデータを精度高く

作成するため、次の①②の手段を、単独で又は同時に採用することができる。

【0018】① 自由曲面式によって表される加工面を、隣接面の端部同士が相互に重なる状態で複数面に分割し、各分割面毎に、面形状を代表する複数の座標点を自由曲面式から求めた後、これらの座標点を通る近似曲面を作成し、さらに、この近似曲面上の各点から法線方向に刃物の工具半径だけ離れた点を通る面を近似式によって表してオフセット面を作成し、各分割面毎に、求めたオフセット面から、上記重なり幅の半分程度の長さだけ端部を排除した状態で複数のX-Z断面近似曲線を作成し、このX-Z断面近似曲線を直線あるいは円弧で近似してNCデータを作成し、このNCデータ作成時に重なり部分で同一位置にあるX-Z断面近似曲線の端をつないで行くことにより、加工面全体のNCデータを作成する。

【0019】② 面形状を代表する複数の座標点を自由曲面式から求めた後、これらの座標点を通る近似曲面を作成し、さらに、この近似曲面上の各点から法線方向に刃物の工具半径だけ離れた点を通る面を近似式によって表してオフセット面を作成し、さらに、一旦作成したオフセット面上の複数の点から、法線方向に加工刃物の工具半径分だけ逆オフセットした点を求め、この逆オフセットした点のXY座標を自由曲面式に代入して得られる値 Z_R と逆オフセットした点のZ座標 Z_1 との差 $(Z_1 - Z_R)$ を求め、この差分だけオフセット面上の点をZ方向に移動させ、移動修正した点の集合によってオフセット面を再作成するオフセット面の修正を、全ての点について上記差が規定値以下になるまで繰り返して、最終的なオフセット面を決定し、この最終オフセット面のX-Z断面近似曲線を直線あるいは円弧で近似して、NCデータを作成する。

【0020】

【発明の実施の態様】まず、本発明のNC超精密加工機について説明する。この加工機は、図1に示すように、回転軸5と直交する方向に円弧形状の刃先6を突出させた回転刃物7を用いる。この刃先6には、例えばダイヤモンドチップ6aが付けられ、このチップの先端形状は、刃物の回転半径を曲率半径とする円弧である。この回転刃物7を用い、図2に示すように、加工面4における刃先6の移動方向に対して、ワークの移動方向を逆向きにして加工を行なう。この加工方法は、刃先とワークの間で常に一定以上の相対速度が保たれるので、仕上り形状にむらが生じることはない。

【0021】上記加工条件を保って、ワーク3の加工面を自由曲面に仕上げるため、上記刃物はワーク3に対して、図3(a)(b)に示すような移動経路8に沿って動かされる。

【0022】これは、回転軸をY軸方向に向けた回転刃物を、図3(a)に示すようにY軸位置を固定した状態

で、Z軸方向の高さ位置を変化させながら、X軸方向に相対移動させて、1ラインの切削加工を行い、この後、次の1ラインの切削加工を行うため、一旦、刃物をワークからZ軸方向に離し、Y軸方向にピッチ送りしながらX軸方向の加工始端に戻し、次のラインの切削加工を行なうものである。加工面全体に対する工具の移動経路は、この手順の繰返しによって形成され、図3(b)に示すようになる。

【0023】ワーク3は、鋼材等の金型素材に目的とする形状をフライス等で荒加工し、その加工面にメッキ処理をしたものである。このメッキ層は、加工精度を上げるためのもので、加工精度の上げ易さと加工後の傷つき難さを考慮し、適当な硬度の素材、例えば無電解ニッケルメッキによって形成される。

【0024】金型素材(ワーク3)と回転刃物7をXYZ軸方向に相対移動させて上記加工を行う駆動機構の具体例であるNC加工機を図4に示す。

【0025】図4において、9はベッド、10はX軸テーブルでワークを保持するチャック11を固定してX軸方向に移動する。12はY軸テーブルで回転刃物7を固

10

20

*ブルでY軸テーブル12を固定してZ軸方向に移動する。XYZの各テーブルは、図示しない制御装置によりNCデータに基づいて、移動位置を制御される。

【0026】上記NC加工機は、特に精度が必要なX軸とZ軸のテーブルに静圧油軸受を使用し、これらのテーブルの位置測定にレーザースケールを用い、フィードバック制御によって位置決めを行っている。フィードバック分解能は、X軸とZ軸について1.25nm、Y軸について5nmを得ている。このNC超精密加工機に上記回転刃物7を取付け、後述するNCデータを用い図3で説明したような手順で移動させながら切削を行うことにより、nm単位の加工が可能になる。

【0027】上記NC加工機に入力されるNCデータは、次のように作成される。

【0028】加工面が3次元データによって表わされる非球面レンズは、例えば、次式のように、光軸方向Zの高さZが変数X、Yによって定義されたもので、図5(a)(b)に示すような形状を持つものである。

【0029】

【数1】

$$Z = \frac{C_x X^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)C_x^2 X^2}} + \sum_{n=3}^u A_n |X|^n + \frac{C_y Y^2 (1 + \sum_{m=3}^v B_m |X|^m)}{1 + \sqrt{1 - (C_y Y (1 + \sum_{m=3}^v B_m |X|^m))^2}} \quad \text{.....①}$$

$$C_x = 1/R_x$$

$$C_y = 1/R_y$$

但し、 R_x 、 R_y 、 K 、 A_n 、 B_m は任意係数を表し、 u 、 v は、夫々10以上の整数を表す。

【0030】この非球面レンズは、面の長手方向Xに沿う形状が自由曲線であり、これと直交するY方向に沿う円弧形状の曲率が、X方向位置によって変化する。したがって、このレンズ形状を樹脂成形する金型の加工は、XYZの3軸制御によって行う必要があり、図3(a)(b)に示したような移動経路に従うNCデータを作成する必要がある。

【0031】このNCデータは、3次元形状が表される直線あるいは円弧の集合であり、従来の2次元のものに比べるとデータ量が飛躍的に増大している。さらに、nm単位という高い加工精度を得るため、NCデータ作成の元データとして加工面の座標点を高密度で与える必要がある。

【0032】このような条件において、処理能力に制限がある従来のCAD・CAMシステムによって、所望のNCデータを作成する方法を、以下に説明する。

【0033】前記誤差を小さくする第1の手法は、自由曲面式によって表される加工面を複数に分割することにより、CAD・CAMシステムの1面として扱えるデータ点数の制限の下で、十分な演算精度が得られるまで各※50

※分割面の座標点ピッチを小さくするものである。

30 【0034】この第1の手法について、図6～図8について説明する。まず、加工面を隣接する面の端部同士が相互に重なるように分割する。この分割は、形状変化の大きい部分付近においても他の部分と同等の精度が得られるように、座標点を与えるピッチを他の部分よりも小さくする。

【0035】分割例として示す図6(a)(b)は、前記自由曲面式①によって表されるレンズ金型の加工面を、斜線で示す重なり部分を設け、X方向に沿って11分割している。

40 【0036】この分割に従って、CAD・CAMシステムでは、次のような手順でNCデータを作成する。

【0037】初めに、各分割面毎に、図6(c)に示すように、前記非球面式①に従い分割面を代表する複数点のXYZ座標を求める。この点数は、CAMシステムの1面として扱えるデータ点数の制限の下で、最大数に近い数に設定され、各点は均等の分布とするが、X方向とY方向を見て、変化が大きい方向があれば、その方向の点のピッチ間隔を小さくすることもできる。また、1つの分割面に於いて、形状変化の大きい部分の付近は、一定の精度を確保するため他の部分より座標点を与えるピ

ッチを細かくすることもできる。

【0038】次に、分割面の座標点を通る近似曲面をスプライン等によって作成する。これを、XZ平面について図7に示す。

【0039】さらに、近似曲面上の複数点から法線方向に刃物の工具半径Rだけ離れた各点を通る面を近似式によって表し、オフセット面とする。上記複数点は、例えば、前記座標点をそのまま用いる。次に、このオフセット面のXZ断面近似曲線を上記近似式から計算によって求める。この近似曲線は、図3に示す加工時のY軸方向送りピッチに対応したピッチ間隔で複数本作成される。

【0040】上記XZ断面近似曲線は、座標点→近似曲面→オフセット面→XZ断面近似曲線という近似計算の過程を経て求められている。したがって、座標点の連続性が切れているエッジ部では、図8に示すように、誤差 Δ が大きくなり、この部分は使用できない。

【0041】このため、オフセット面からXZ断面近似曲線を作ったとき、誤差 Δ が大きくなるXZ断面近似曲線のエッジ部を排除する。この位置は、例えば、Y座標が共通で重なり合うX-Z断面近似曲線の2端点の中間位置付近とする（重なり合う部分の midpoint）。

【0042】上記複数の座標点の算出からXZ断面近似曲線作成までの作業は、CAD・CAMシステムが同時に扱えるデータ点数に限度があるため、各分割面を1つずつ順に処理して行われる。これは、例えば加工面の一方の端から他方の端に向かうという方法である。

【0043】このように各分割面毎に作成された複数のXZ断面近似曲線を、直線あるいは円弧で近似して、各分割面ごとにNCデータを作成する。このとき、後から処理を行う隣接した分割面の近似曲線の端は、先に処理を行った分割面の同一位置にある近似曲線の端につながる（例えば、先に作成した近似曲線の座標を、後に作成される近似曲線の端点の座標として用いる。）。

【0044】このようにつながれる近似曲線の端は、XY座標が同一で、図8で説明したようにZ座標に微小な差 δ を持つもので、いずれの近似曲線の端を採用しても必要な精度が得られるものである。

【0045】この分割面毎の処理を繰り返すことにより、図3(a)(b)に示すような刃物の移動経路を表わす加工面全体のNCデータを作成することができる。

【0046】このように加工面を分割する手法によって、加工面に割り当て座標点の密度を必要に応じて高くすることができ、精度の高いNCデータの作成を容易に行なえる。

【0047】なお、図6の実施例では、加工面の分割を長手方向に沿って、一方の端から他方の端に向かって順に分割しているが、この分割方法は任意である。例えば、特に精度を有する部分について、全体の分割方向と直交する方向に分割することもできる。

【0048】また、上記実施例では、CAD・CAMシ

ステムが扱えるデータ数が6000点であって、必要な加工精度がnm単位という事例について説明したが、本発明の上記NCデータ作成方法は、一面として扱えるデータ数に制限があつて、必要な精度のNCデータが作成できない全ての場合に適用できるものである。

【0049】上記誤差を小さくする第2の手法は、作成されたオフセット面から刃物の工具半径Rだけ逆にオフセットした点の位置を、自由曲面 Φ で表される理論面と比較し、その差に基づきオフセット面をフィードバック補正する方法である。

【0050】この方法を、図9に従って説明する。初めに、先に説明した方法と同様の手順で、オフセット面を決定する。すなわち、レンズ設計式から加工面を表わす座標点群を求め、この座標点群を通る近似曲面を作成し、各座標点から近似曲面の法線方向に刃物の工具半径Rだけ離れた点の集合をオフセット面として決定する。

【0051】この後、一旦決定したオフセット面を仮オフセット面として、次のようなフィードバック補正を行う。

【0052】オフセット面上の点 (x_0, y_0, z_0) に、仮オフセット面の法線に沿って、刃物の工具半径Rだけ逆に戻した点を逆オフセット点 (x_1, y_1, z_1) として求め、そのXY座標 (x_1, y_1) を自由曲面に代入して、この点に対応する理論面上のZ座標値 (z_R) を求める。そして、理論面上のZ座標値 (z_R) と逆オフセット点のZ座標 (z_1) との差 $(z_1 - z_R)$ を求め、オフセット点のZ座標 z_0 を、この差で補正して、修正オフセット点 $(x_0, y_0, z_0 - z_1 + z_R)$ を求める。そして、各修正オフセット点を通る面をスプライン曲線等で近似して、新たな仮オフセット面を作成する。

【0053】これは、差 $(z_1 - z_R)$ が所定値以下になるまで繰り返され、最後に作成された仮オフセット面を最終オフセット面として決定する。

【0054】この後、最終オフセット面上の図3に示すような刃物の移動経路を、直線あるいは円弧で近似してNCデータを作成する。

【0055】この第2の手法は単独で実施する他に、先に第1の手法として述べた加工面の分割と組み合わせ、各分割面のオフセット面を修正するために使用することもできる。

【0056】

【発明の効果】本発明によれば、使用する刃物と、この刃物のワークに対する相対送り方法の改良によって、nm単位の加工精度を持つNC超精密加工機を提供できるようになる。また、このような超精密加工を行なうためのNCデータを、扱えるデータ点数が限られているCAD・CAMシステムにおいて、必要な精度にまで高めて作成できるので、上記超精密加工の実用化を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明で使用する回転刃物の具体例を示す断面図

【図2】 図1の回転刃物によるワークの切削加工を説明する断面図

【図3】 本発明の加工を行う場合の刃物の移動経路を表した図

【図4】 本発明のNC超精密加工機の具体例を示し、(a)は平面図、(b)は正面図

【図5】 加工面が3次元データによって表わされる非球面レンズの形状例を示し、(a)は斜視図、(b)は断面図

【図6】 自由曲面式によって表される加工面の分割例を示した図で、(a)は斜視図、(b)は平面図、(c)は1つの分割面における座標点の割り当て例を示す図

【図7】 複数の座標点から作成される近似曲面とオフセット面を示す図

【図8】 分割面の重なり合う部分におけるオフセット面のXZ断面曲線の変化状態を示す図

【図9】 入力された座標点から作成されたオフセット面を、フィードバック補正する手順を説明する図

【図10】 ボールエンドミルを使用して自由曲面を加工する従来例を示す図で、(a)は斜視図、(b)はボールエンドミルがワークに当たる状態を示す斜視図

3 ワーク

4 加工面

5 刃物の回転軸

6 刃先

7 回転刃物

8 刃物の移動経路

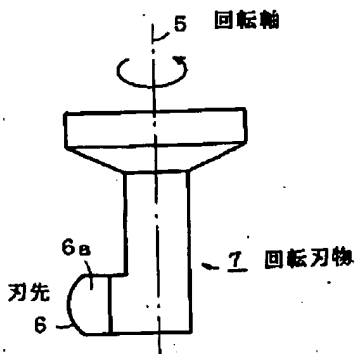
10 X軸テーブル

11 ワークを保持するチャック

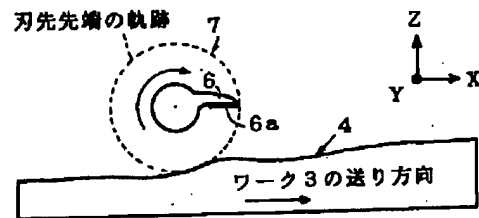
12 Y軸テーブル

13 Z軸テーブル

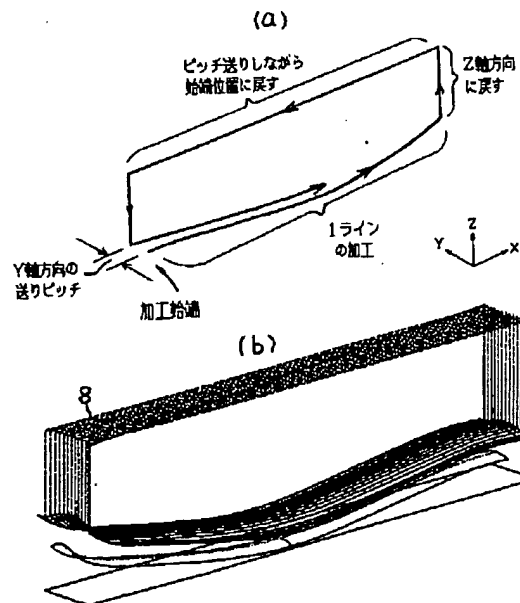
【図1】



【図2】



【図3】



PAT-NO: JP410333726A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10333726 A

TITLE: NC ULTRA-PRECISION WORKING MACHINE

PUBN-DATE: December 18, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SUZUKI, TAKATOSHI

OOWARI, HIROSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON HIKYUMEN LENS KK

N/A

APPL-NO: JP09144134

APPL-DATE: June 2, 1997

INT-CL (IPC): G05B019/4093, B24B013/00 , G02B003/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an NC ultra-precision working machine capable of cutting work in nm units by controlling a driving mechanism which moves a rotary cutting edge relatively to a work according to N data and feeding and cutting the work opposite along an X axis while changing its Z-axial position each time the rotary cutting tool in pitches along a Y axis.

SOLUTION: The rotary cutting tool 7 is used which has its arcuate cutting edge 6 projected at right angles to its axis of rotation. To finish the surface of the work 3 into a free curved surface, the rotary cutting tool 7 having its axis of rotation along the Y axis is moved relatively along the X axis while having the Y-axial position fixed and also shifted in Z-axial height position, thereby cutting the work by one line. To cut the work by another line, the cutting tool 7 is put away from the work along a Z axis and then put back to the X-axial working start end while feeding in pitches along the Y axis, thereby cutting the work. The rotary cutting tool 7 is fixed to the NC ultra-precision working machine and moved following a procedure like this by using NC data to cut the work.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO